

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-178747

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>B 23 Q 5/28  
1/18  
H 02 K 41/03

識別記号

庁内整理番号

A 9028-3C  
B 8107-3C  
7740-5H

⑭ 公開 平成3年(1991)8月2日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑮ 発明の名称 2次元モータ式ステージ装置

⑯ 特 願 平1-317013

⑰ 出 願 平1(1989)12月6日

- ⑱ 発 明 者 富 田 良 幸 東京都田無市谷戸町2-4-15 住友重機械工業株式会社  
システム研究所内
- ⑲ 発 明 者 佐 藤 文 昭 東京都田無市谷戸町2-1-1 住友重機械工業株式会社  
田無製造所内
- ⑳ 発 明 者 伊 藤 一 博 東京都田無市谷戸町2-1-1 住友重機械工業株式会社  
田無製造所内
- ㉑ 出 願 人 住友重機械工業株式会  
社 東京都千代田区大手町2丁目2番1号
- ㉒ 復 代 理 人 弁理士 高橋 敬四郎

⑳ 要 約

## 1. 発明の名称

2次元モータ式ステージ装置

## 2. 特許請求の範囲

- (1). 高透磁率の材料で構成され、2次元平面を画定するヨークと、

ヨーク上に2次元マトリクス状に配置され、交互に反転する極性をヨークの面方線方向に沿って有する複数の永久磁石と、

ヨーク上に近接配置される非磁性体のステージと、

ステージに固定され、ステージ面と平行に巻回され、該永久磁石から発する磁力線がヨークの面に対してほぼ垂直である範囲で該永久磁石と磁気結合することのできる複数のコイルを含むステージ駆動手段と

を有する2次元モータ式ステージ装置、

- (2). さらに、前記ヨークを前記2次元平面内で前記2次元マトリクスの元間距離以上駆動するた

めのヨーク駆動手段を備える請求項1記載の2次元モータ式ステージ装置、

- (3). 前記ステージが空気圧を利用したエアパッドによって浮上させられている請求項1記載の2次元モータ式ステージ装置、

- (4). 前記ヨークの2次元平面が垂直面であり、前記エアパッドが磁石を吸んで磁気力によって吸引され、空気圧によって浮上させられている請求項3記載の2次元モータ式ステージ装置、

## 3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明はステージ装置に関し、特に2次元面内で対象物を移動させる2次元モータ式ステージ装置に関する。

[従来の技術]

従来、対象物を2次元的に駆動する装置としては、平面内の1方向であるX軸方向について駆動を行うサーボモータとボールネジを備えたXステ

ージの上にY軸方向の駆動を行うサーボモータとボールネジを備えたYステージを重ねたXYステージ等が知られている。

ボールネジはガタやバックラッシュを完全に排除することはできない。また、サーボモータで発生した駆動力を対象物に伝えるには、途中に動力伝達機構や案内機構を介さねばならず、発生した駆動力を100%対象物に伝えることはできない。これは別の観点から見ると、何等かの機構部材等に歪み、弾性変形等を生じさせていることになる。

このような機構によっては、0.01 $\mu$ m程度以下の位置決め精度を実現することは困難である。

#### [発明が解決しようとする課題]

以上説明したような、サーボモータとボールネジによるステージ装置によっては、たとえば0.01 $\mu$ m以下の超精密XYステージを実現することは難しかった。

本発明の目的は、超精密精度を実現するのに適したステージ装置を提供することである。

ステージに吸引力または反発力が働くことは少なく、コイルに働く力の大部分はステージ面に平行な力になる。また、この力はコイルに直接働くので、コイルが取り付けられたステージの位置を制御するのに適している。

#### [実施例]

第1図(A)、(B)に本発明の1実施例によるXYステージ装置を示す。高透磁率の材料で形成されたヨーク11の上に格子状に多数の永久磁石12が固定されている。図においては、ヨーク11の面上で、磁石はヨークの面方線方向にN極あるいはS極を有するように配置されている。1つのN極の上下(Y方向)左右(X方向)をS極が取り囲むように、これらの磁極はX方向についても、Y方向についても交互に極性が反転するように配置されている。

たとえば、永久磁石12ijをマトリクス状に配置した時、その行の数iと列の数jの和が偶数の時S極が表面にでるように、奇数の時N極が表面

に本発明の他の目的は、構造が簡単で遊びがなく、位置精度に優れたステージ装置を提供することである。

#### [課題を解決するための手段]

ヨーク面上に永久磁石を多数マトリクス状に配置し、その極性を交互に反転させる。永久磁石から発する磁力線がヨークに対してほぼ垂直に保たれている距離にステージに固定されたコイルを配置する。コイル内に電流が流れた時、その電流によるローレンツ力がステージの面にはほぼ平行な方向に働くようにする。ステージ自身の荷重等はエアベアリング等の他の支持手段によって支える。

#### [作用]

ヨーク上に多数の永久磁石を配置し、その磁石から発する磁力線がヨークに対してほぼ垂直に保たれている位置にコイルを配すると、コイルに電流が流れた時、コイルに働くローレンツ力はコイルおよび磁力線にほぼ垂直な方向に働く。従って、

に出るように配置する。

第1図(B)に示すように、ヨーク11は支持体10から浮いた位置に配置されており、第1図(A)に示すように、駆動手段16a、16b、17によってX方向およびY方向に駆動される。図では、Y方向に2つの駆動手段16a、16bが配置され、X方向に1つの駆動手段17が配置されている。

このヨーク11上の永久磁石群12ijと対向するようにコイル14a、14b、14c、14d、14e、14fが配置されている。これらのコイル14a~14fはステージ13に固定されており、ステージ13を駆動する。図では明示していないが、ヨーク11は、エアベアリング、滑り輪受け等の手段によって、ベース10に対してZ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 方向の拘束を受け、案内される。ステージ13もエアベアリング、滑り輪受け等の手段によって、Z、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 方向の拘束を受け案内される。図においては、ステージに固定されるコイルとして、2組のコイル14a、14b、1

4 e、1 4 f が Y 方向の駆動に用いられ、1 組のコイル 1 4 c、1 4 d が X 方向の駆動に用いられている。これらのコイルの個数は任意に選択できる。また、ステージ 1 1 の材料としては、セラム、アルミニウム等の非磁性体を用いる。

第 1 図 (B) は第 1 図 (A) の I B - I B 線に沿う断面図であり、コイル 1 4 a、1 4 b が示されている。

コイル 1 4 a、1 4 b はヨーク 1 1 の永久磁石 1 2 i j と十分近接できる高さに支持される。ステージ 1 3 は非磁性体なので磁力線の分布にはほとんど影響しない。

ステージに働く力を第 2 図 (A) ~ (D) を参照して説明する。

ヨーク 1 1 の表面には、複数の永久磁石 1 2 がその極性を交互に反転させながら並列している。ヨーク 1 1 は高速磁率なので、ヨーク 1 1 内では磁力線は永久磁石の N 極から隣接する永久磁石の S 極に向かって分布する。永久磁石の上側では、空気および非磁性体しか存在しないので、磁力線は

閉じ込められず、開いた状態にある。磁石の中央付近から発する磁力線は、ある範囲に亘って磁力線 2 1 c のようにヨークの法線方向に沿って進む。永久磁石 1 2 の端部に近づくに従ってそこから発する磁力線は磁力線 2 1 e のように湾曲して隣接する永久磁石の反対極性の磁極に向う。ここで、注目すべきことは、磁石 1 2 の表面に十分近い位置においては、磁力線の大部分がヨーク 1 1 の方線方向に近い方向を向いていることである。この多くの磁力線が未だヨークの法線方向に近い方向にある領域にコイル 1 4 a、1 4 b の巻線が配置される。各コイルは、第 1 図 (A) に示すように X 軸、Y 軸に沿った矩形形状であるとする。短い辺の長さは 1 つの永久磁石の対辺の長さより短く、長辺の長さは隣接する永久磁石によたがる長さであるとする。

このような配置で、コイル 1 4 a に電流 I を流した時、短辺に生じるローレンツ力は

$$F = B I l$$

の大きさを持ち、電流の流れる方向および磁力線

の方向に共に垂直な方向に向きをもつと近似できる。すなわち、図示の場合、磁力線がヨーク 1 1 の法線方向に向いているならば、力はヨーク 1 1 の表面と平行な方向に向う。このように、コイルのステージ 1 3 とほぼ平行な力を発生させることができ、ステージ 1 3 を有効に XY 平面内に駆動することができる。図示の場合、コイル 1 4 a のピッチと、隣接する永久磁石間のピッチが適合しているので、隣接する磁石上に配置された 1 つのコイルの 2 つの辺に働く力は同じ向きとなる。また、隣接するコイル 1 4 b も永久磁石のピッチと同期しており、同じ向きにはほぼ同等の力を発揮する。

ステージ 1 3 の位置、すなわち磁石 1 4 a ~ 1 4 f の位置をモニタしつつ、タイミングの合った時にコイルに電流を流すことにより、ステージ 1 3 を所望の平面内方向に駆動することができる。

第 2 図 (B) ~ (D) は、それぞれ Y 方向、X 方向、および Z 軸回りの回転方向にステージを駆動する場合を図示する。たとえば、第 2 図 (B)

においては、ステージ 1 3 を Y 方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示す両端の 4 つのコイル 1 4 a、1 4 b、1 4 e、1 4 f が使用される。これらのコイルに、同時に図示のような電流を印加することにより、図中上向きの力を発生させる。この力によりコイルは +Y 方向に駆動される。

第 2 図 (C) はステージ 1 3 を X 方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示すコイル 1 4 c、1 4 d を用いる。これらのコイルに図示の向きに電流を印加することにより、矢印方向の駆動力を生じさせることができる。この力の結果、ステージ 1 3 は +X 方向に駆動される。これらの例において、発生する合成力はステージ 1 3 の重心を通るように設計されている。

第 2 図 (D) は、Z 軸回りの回転方向に駆動する場合を示す。第 1 図 (A) に示すコイル 1 4 a、1 4 b、1 4 e、1 4 f の 4 つのコイルを用い、1 4 a、1 4 b の 1 組のコイルには -Y 方向に駆動力を発揮させる向きの電流、1 4 e、1 4 f の 1 組のコイルには +Y 方向に駆動力を発揮させる

向きの電流を印加する。この結果、ステージ 1 3 は Z 軸回りの回転力を生じる。

ステージは非磁性材料で形成され、コイルもコアレスであるので、コイルに電流が流れていない時にはステージには磁気による力は働かない。電流が流れている時も、従来の磁気回路の磁気抵抗が最小の位置を求める構造とことなり、ステージとヨークとの間にはほとんど吸引力が働かない。タイミングを図って電流を流せばステージにはほとんどヨークと平行な力しか働かない。このためステージを保持する力も小さくすむ。

なお、コイルの位置が移動し、磁気線の向きが変化すると、コイルに働く力は変化する。磁石間にはほとんどヨークの法線方向に磁気線のない領域もある。この領域でコイルに電流を流しても、ただかた吸引力や反発力が得られるのみである。

第 3 図 (A)、(B) はステージ駆動のタイミングを説明するための断面図である。

第 3 図 (A) において、ステージ 1 3 はヨーク 1 1 に対して所定の位置関係にあり、このヨーク

1 1 は支持体 1 0 上に移動可能に支持されている。ヨーク 1 1 上の永久磁石 1 2 の位置と、ステージ 1 3 の位置とが適合に整合されており、ステージ 1 3 に固定されたコイル 1 4 a、1 4 b に電流を流した時に、ステージ面と平行な、図中右向きの方向に駆動力が生じる配置にある。ここで、コイル 1 4 a、1 4 b に電流を供給してステージを駆動すると、ステージは所望の方向に移動を始める。

ところで、ステージ 1 3 の中心位置をポイント P 1 からポイント P 2 まで移動させることを考える。ポイント P 1 からポイント P 2 間での距離が永久磁石のギャップ  $g$  の数値倍でなく、中途半端な位置にある場合は、ポイント P 2 付近でコイルに有効な力を働かせることが難しくなる。そこで、ヨーク 1 1 の位置をピッチ以内の量微調整することによって、ヨーク 1 1 とステージ 1 3 との相互の位置関係を調整する。すなわち、第 3 図 (B) に示すように、ヨーク 1 1 を駆動して所望の目標点 P 2 に永久磁石 1 2 の中央点が位置されるようにする。このようにすることによって、ステージ

1 3 が移動してきた時に、そのコイル 1 4 a、1 4 b に電流を流すことによって、制動力を発生させ、所望の点 P 2 にステージ 1 3 を静止させることが可能となる。

このようなステージの駆動とその電流制御を第 4 図に示す。第 4 図において、横軸は時間を示し、縦軸はステージ位置、ヨーク位置およびコイルに印加する電流 (2 次元モータの推力) を示す。

時間  $t_1$  において、コイルと永久磁石との関係が良好な状態にあり、駆動電流  $i$  が印加される。この駆動電流はある時間  $\Delta t$  の間印加されるが、その後はオフにされると、すると、この時間  $\Delta t$  の間駆動力を与えられたステージ 1 3 はステージ面に平行な駆動力を与えられて並進運動を開始する。ステージに働く摩擦力が 0 であれば、駆動力が断たれた後もステージは並進運動を続けるのでその位置はリニアに変化する。この様子を第 4 図ステージ位置の直線部分で示している。

ステージを移動すべき目標位置 P 2 において現在ヨーク 1 1 が有している位置を検討する。もし、

この目標位置 P 2 において、ステージ 1 3 とヨーク 1 1 との関係が有効に駆動力を及ぼすのに適していない配置である場合には、ヨーク 1 1 を駆動してステージ 1 3 の駆動に適した位置に移動させる。この様子を第 4 図ヨーク位置の直線に示す。ヨークが目標位置まで駆動されたならば、ヨーク 1 1 を静止させる。その後ステージ 1 3 が目標位置に到達した時には、ヨーク 1 1 は駆動に適した配置にされているので、コイルに電流を流してステージ 1 3 に制動力を及ぼしステージ 1 3 を静止させる。これが第 4 図モータ推力の負側のパルスで示されている。

このようなヨーク 1 1 の駆動は、第 1 図 (A) に示す駆動手段 1 6 a、1 6 b、1 7 によって行われる。これらの駆動手段は、変位を発生させる直進モータ、圧電素子等の駆動力源と第 5 図 (A)、(B) に示すような結合手段とを介して行われる。

すなわち、まずステージ 1 3 をヨーク 1 1 上の最適位置に配置しておいて、所定のコイルに駆動

パルス電流を流す。この初期駆動によりステージ13はほぼ無抵抗の並進運動を開始する。次に、目標位置でステージ13を制動するのに好適な位置にヨーク11を変位させる。ステージ13が目標位置に近ずいたら制動して目標位置で停止させる。

第5図(A)に示す結合手段は、剛体と見なせる円柱部分の1箇所において、半径を徐々に減少させ、断面が円形状に細くなる結合部分を設けた球面ヒンジを示す。この球面ヒンジは軸方法に対する剛性が高く、軸に直交する方向に対する剛性は低い。従って、軸方向に対する力は対象物に伝えるが、軸に直交する方向の力に対してはヒンジが弾性変形を起こすことによって駆動力を吸収する結合手段である。

第5図(B)は1方向の駆動力に対してのみ弾性変形を行う結合手段を示す。図中、矩形断面の柱部材の1部において、その水平方向の幅が徐々に減少し、極小点を介して再び増大している。すなわち、この結合部材は、軸方向に対する力お

を示す。

第7図(A)においては、ステージ13はヨーク11よりも大きな面積を有する。このステージ13の周辺部3箇所にエアパッド26、27、28が設けられている。このエアパッドによってステージ13は剛性部材23に対して一定の間隔において吸引される。

第8図に示すように、エアパッド26、27、28は周辺部に永久磁石31を備え、鉄等の磁性体で形成された剛性部材23に対して吸引力を発揮すると共に、中央部に空気吹き出口32を備えて、一定圧力の空気を吹き出し、剛性部材23との間に空気層による間隙を保持する。間隔が狭まれば空気の押す力が強くなり、パッドは押し上げられる。間隔が広がると空気の流れに対する抵抗が減り、磁石による吸引力が勝ってパッドは引き付けられる。

すなわち、エアパッド26、27、28はステージ13を剛性部材23に対して吸引させ、その距離を一定に保つ。ステージ13はその面内運

び上下方向に対する力に対しては強い剛性を示すが、水平方向の力に対しては剛性が低く、容易に弾性変形を行う。すなわち、この結合部材を用いると3次元的な空間において、図中の水平方向の変位のみを許容することになる。なお、これらの駆動手段16、17はヨークを駆動するために用いられるが、ヨークの支持は好ましくは別の手段によって行われる。

このようなヨーク部材ないしはステージ部材を支持する方式はいろいろ考えられる。第6図はその1例を示す。

第6図において、ヨーク11は鋼球21、22を介して剛性部材23上に配置され、スプリング24を介して剛性部材23に引き付けられている。すなわち、ヨーク11は鋼球20、21、22を介して剛性部材23に押し付けられている。鋼球20、21、22が滑り係合することによって、ヨーク11は剛性部材23に対して相対的な平面運動を行う。

第7図(A)、(B)はステージの支持系の例

動に関してはほとんど抵抗を持たない。コイル14a~14fが永久磁石12との間に力を発揮し、ヨーク11の面に平行に駆動力を発揮すると、ステージ13はその面方向に沿って駆動力に従って運動する。この際、エアパッド26、27、28はほとんど摩擦力を示さないで、ステージ13が摩擦力によって歪む等ということが防止されている。

特にステージ13が垂直方向に配置された場合に、エアパッド26、27、28による支持は他の支持方式よりも優れた特徴を有する。すなわち、剛性部材23としては剛性度が高い弾性変形をほとんど起こさない剛性度の高いものを選ぶことができる。エアパッドはこれに対して一定の間隔を保って直接吸着するので、エアパッドの位置は正確に位置決めすることが可能となる。ステージ13はこのエアパッド26、27、28によって直接支持されるので、ステージ全体としての変形を考慮する必要がほとんどない。

従来のエアスライダ等によれば、支持柱の間

間に駆動するエアスライダ部材が設けられているので、エアスライダに対する荷重が増加すると共に、支持柱が変形することが避け難かった。この変形はエアスライダが支持柱の上部にあるか下部にあるかによって異なるので、エアスライダ部材の位置による位置精度が異なってしまった、上に説明したエアパッド26、27、28はこのような位置による精度の変化を防止できる。

以上実施例に沿って説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば種々の変更、改良、組合せ等が可能なことは当業者に自明であろう。

第9図はS O R用の垂直型ステージを示す。S O R光がベース31内のダクトを水平方向に進み、ダクトの開口部に設けたマスク37を通して出射する。このS O R光を受けるように、半導体ウエハ37がウエハチャック33上に設置される。このウエハチャック33はステージ13に固定されている。ステージ13は対向する一對のベース31、32の間に平行に配置され、一方のベース3

1に対して磁石を備えたエアパッド26、27、28によって平行に案内され、他方のベース32に対してヨーク11、永久磁石12、コイル14を含む2次元モータによって駆動されている。ステージ13を支持するエアパッド26、27、28が永久磁石12、ヨーク11を支持するベース32とは別体のベース31に支持されるため、場所的制限が緩和され、ステージ13の寸法を小さくすることができる。

たとえば、ヨーク内に永久磁石を埋め込んでヨーク表面を水平としてもよい。

ステージに備えるコイルを多層化し、その位相を1/3ピッチづつずらして駆動することによれば、ヨークステージの動作スパンを小さくすることができる。この場合、駆動手段が駆動する大きさを小さくすることができる。この場合、磁気線の法線方向の成分により、ステージに生じる浮き沈みの力を全体としてバランスさせることも可能である。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、対象物を2次元的に駆動するための新規な構造の高精度のステージ装置が提供される。

特に、ステージが垂直方向に配置された垂直ステージにおいてその効果が大きい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(A)、(B)は本発明の実施例によるステージ装置であり、第1図(A)は平面図、第1図(B)は断面図。

第2図(A)～(D)はコイルに働く力を説明するための図であり、第2図(A)はコイルの働く力を説明するための概念図、第2図(B)はY方向の駆動、第2図(C)はX方向の駆動、第2図(D)はXY平面内での回転を示す該略図。

第3図(A)、(B)は駆動のタイミングを示す概念図であり、第3図(A)は駆動を開始する初期状態を示す図、第3図(B)は停止前の制動の状態を示す図。

第4図は駆動のタイミングチャートであり、横軸が時間を示し、縦軸がステージ位置、ヨーク位置、モータ推力を示す。

第5図(A)、(B)は結合手段の例を示す図であり、第5図(A)は球面ヒンジの斜視図、第5図(B)は1方向ヒンジの斜視図。

第6図(A)、(B)はヨーク支持系の1例を示す図であり、第6図(A)は側面図、第6図(B)は平面図。

第7図(A)、(B)は2次元モータ式ステージを概念的に示す図であり、第7図(A)は平面図、第7図(B)は断面図。

第8図はエアパッドの概略断面図。

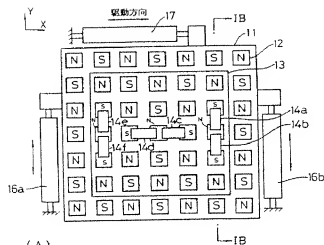
第9図はS O R用垂直型ステージの概略側面図である。

図において、

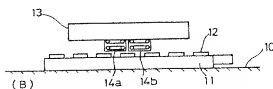
- |    |      |
|----|------|
| 11 | ヨーク  |
| 12 | 永久磁石 |
| 13 | ステージ |

- 14 コイル  
16、17 駆動手段  
P1 初期位置  
P2 目標位置  
g ギャップ

特許出願人 住友重機械工業株式会社  
復代理人 弁理士 高橋 敏四郎



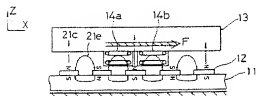
(A)



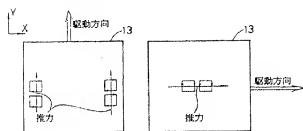
- 11 : コア  
12 : 永久磁石  
13 : ステージ  
14 : コイル  
16、17 : 駆動手段

本発明の実施例によるステージ駆動

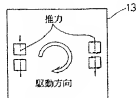
第1図



(A) 概念図

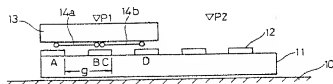


(B) Y方向駆動 (C) X方向駆動

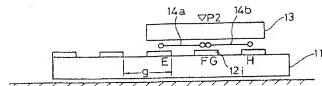


(D) XY平面内回転  
コイルに働く力

第2図



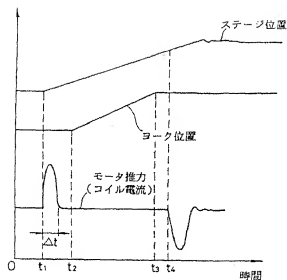
(A) 初期状態



(B) 停止前の状態

- P1 : 初期位置  
P2 : 目標位置  
g : ギャップ  
駆動のタイミング

第3図



駆動タイミングチャート  
第 4 図

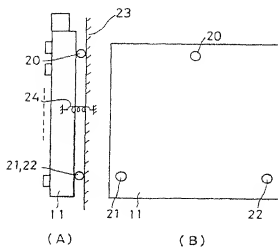


(A) 球面ヒンジ

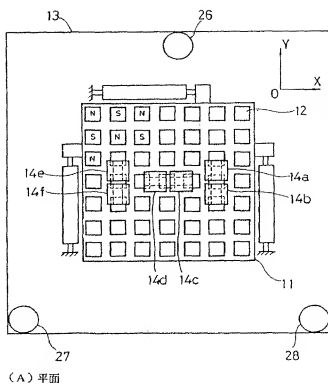


(B) 1 方向ヒンジ

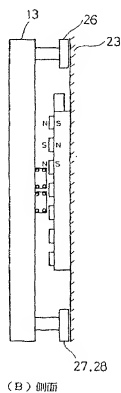
結合手股  
第 5 図



ヨーク支持系  
第 6 図

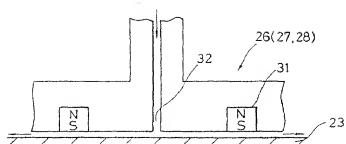


(A) 平面

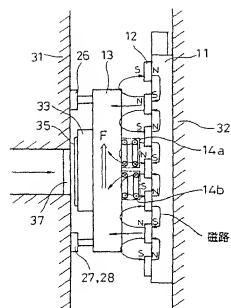


(B) 側面

2次元モーター式ステージ  
第 7 図



エアパッド  
第 8 図



SOR用垂直型ステージ  
第 9 図